

# Automatisches Rüsten von Zerspanspannungswerkzeugen

Die Untersuchung des Fertigungsbereichs hinsichtlich der heute realisierten Automation zeigt, daß die Potentiale zur Automatisierung im fertigungsnahen Werkstückrüst- und Werkzeugrüstbereich noch nicht im möglichen Umfang genutzt werden. Die Gründe sind vor allem in der Unwirtschaftlichkeit der jeweiligen bekannten Lösungen zu suchen, wofür die in diesen Bereichen vorhandene hohe Komplexität der Aufgabe und damit verbundene schwierige und aufwendige Lösungen verantwortlich sind. Hinzu kommt, daß automatisierte Lösungen häufig Änderungen in den bisherigen Organisationsstrukturen hervorrufen bzw. voraussetzen. – Von Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel und Dipl.-Ing. Rolf Willmer<sup>1)</sup>.

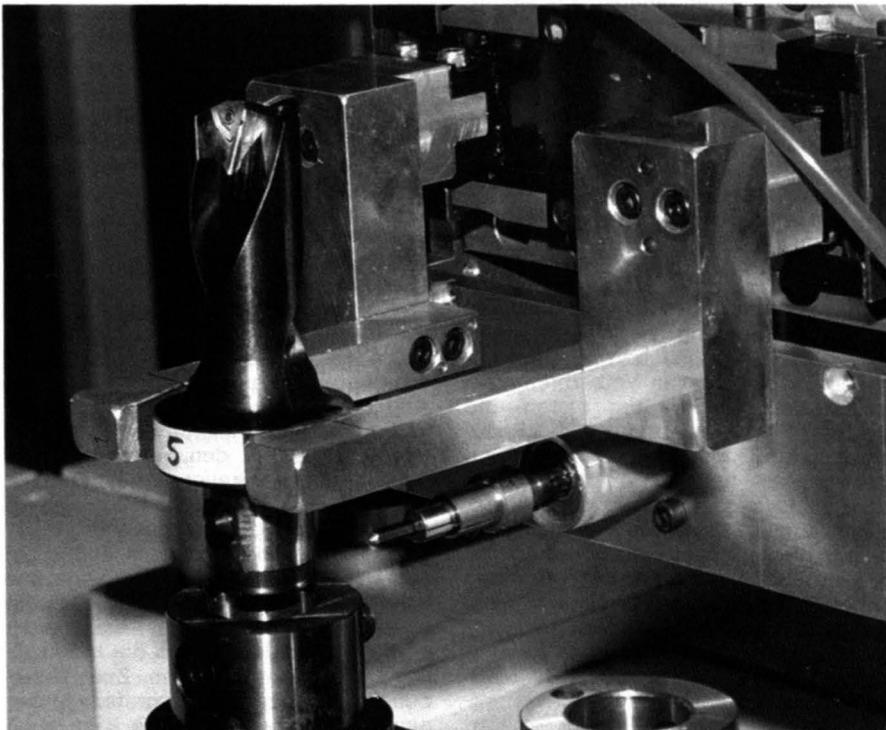
## I Einleitung

In den letzten Jahrzehnten wurden große Anstrengungen zur Automatisierung und Flexibilisierung der Fertigung unternommen. Heute kann die hochflexible Fertigung mit CNC-gesteuerten Maschinen und der verfügbaren Steue-

rungs- und Leittechnik als Stand der Technik angesehen werden. Der Einsatz dieser Technologien ermöglicht es den Betreibern, schneller und kostengünstiger auf sich ändernde Marktanforderungen zu reagieren, da diese Maschinen und Maschinensysteme die Komplettbearbeitung ermöglichen. Der größte Vorteil ist jedoch darin zu sehen, daß sowohl unterschiedliche als auch häufig

Abb. 1: Automatisches Rüsten wird dann effektiv, wenn einfache Greifersysteme eingesetzt werden können

<sup>1)</sup> Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart. Dipl.-Ing. Rolf Willmer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an diesem Institut und Leiter der Gruppe Automatisierungs- und Montagetechnik.



wechselnde Fertigungsaufträge bis hin zur Losgröße Eins abgearbeitet werden können. In der betrieblichen Praxis erweist sich die Bearbeitung sehr kleiner Losgrößen häufig als unwirtschaftlich, da ein sehr hoher Aufwand für Disposition, Logistik, Werkstück- und Werkzeugbereitstellung pro Werkstück erbracht werden muß.

## Ausgangssituation

Die gegenwärtige Situation im Werkzeugwesen ist gekennzeichnet durch:

- Überwiegend manuell ausgeführte Vorgänge. Dazu zählt insbesondere die Montage der Werkzeuge von der Werkzeugelementmontage bis zum Aufrüsten der Werkzeuge mit Wendeschneidplatten. Auch die Werkzeugvoreinstellung ist ein manueller Teilbereich, wobei hier allerdings die Maßermittlung und die Datenübergabe in den meisten Fällen automatisch erfolgen kann. Der gesamte Werkzeugfluß im Werkzeugrüstbereich wird manuell durchgeführt.
- Modulare Werkzeugsysteme kommen verstärkt zum Einsatz. Vom Einsatz dieser Systeme verspricht man sich neben der Flexibilität im Werkzeugaufbau vor allem eine Senkung der Werkzeugkosten und des Werkzeugbestands. Diese Systeme werden deshalb in zunehmendem Maße eingesetzt. Die einzelnen Systeme werden nicht allen Einsatzanforderungen gleichermaßen gerecht, so daß in vielen Fällen mehrere Werkzeugsysteme für die verschiedenen Bearbeitungsaufgaben eingesetzt werden.
- Hoher Werkzeugbestand. Unter dem Begriff Werkzeug ist hier ein einsatzfähiges Werkzeug zu verstehen. Trotz des Einsatzes modularer Werkzeugsysteme ist festzustellen, daß der Bestand komplett montierter Werkzeuge sehr hoch ist. Der Grund hierfür ist vor allem in der Tatsache begründet, daß einmal konfektionierte Werkzeuge häufig nicht mehr demontiert werden, da dies zusätzlichen großen Aufwand sowohl zur Demontage als auch zur Neukonfektionierung bedeutet. Die nicht durchgeführte Demontage gebrauchter Werkzeuge führt allerdings zu einem erhöhten Bedarf von Elementen eines Werkzeugsystems. Insgesamt gesehen wird damit das diesen Systemen anhaftende Einsparungspotential nicht vollständig genutzt. Auffällig ist auch die teilweise hohe Anzahl von Sonderwerkzeugen.
- Einsatz von Werkzeugverwaltungssystemen. Die rechnergestützte Werkzeugverwaltung ist heute in der Fertigung, insbesondere bei hohem Werkzeugbestand, fest eingeführt. Die wesentlichsten Vorteile der Werkzeugverwaltung sind die schnelle Verfügbarkeit aktueller Werkzeugdaten und damit einhergehend eine wesentlich höhere Transparenz des gesamten Werkzeugwesens. Darüber-

hinaus ist die Werkzeugverwaltung ein gutes Hilfsmittel zur Werkzeugeinsatzplanung [1,2]. Die heute verfügbaren Systeme weisen allerdings den Mangel fehlender, zur automatischen Montage aber notwendiger zusätzlicher Werkzeugbeschreibungsdaten auf.

- Lagerung der Werkzeuge und Werkzeugkomponenten. Komplettwerkzeuge und Werkzeugsystemkomponenten werden überwiegend in konventionellen Regalen gelagert. Kleine Teile, wie Bohrer und Wendeschneidplatten sind in Schubladen untergebracht. Der Transport von Werkzeugen wird mit Werkzeugwagen durchgeführt. Die Aufstellung der Regale und Schränke ist in den meisten Fällen in U- oder L-Form entlang der Wände, teilweise sind sie auch noch zusätzlich in der Raummitte aufgestellt. Diese Lager sind ausschließlich für eine manuelle Bedienung ausgelegt und eignen sich sowohl durch ihre Konstruktion als auch durch ihr Aufstellungsschema nicht für eine automatische Bedienung.

**3 Nutzen und Potential eines automatisierten Werkzeugrüstbereichs**

Im Werkzeugwesen sind im Hinblick auf kurze Durchlauf- bzw. Liegezeiten und der Werkzeugkosten allgemein noch erhebliche Einsparungspotentiale vorhanden. Die Verkleinerung des Werkzeug- und Elementbestands kann nur durch die konsequente Durchführung der Werkzeugdemontage und der bedarfsorientierten Montage neuer Werkzeuge erreicht werden. Der höhere Aufwand für die Disposition, die Logistik, die Ausführung der Montageoperationen, die Werkzeugmessung und -einstellung und die Aktualisierung der Werkzeugdaten kann mit automatisch arbeitenden und datentechnisch vernetzten Systemen ohne Erhöhung des manuellen und personellen Aufwands bewältigt werden.

Untersuchungen ergaben, daß 77 % der Durchlaufzeit eines Werkzeugs durch einen Werkzeugkreislauf reine Liegezeiten sind [3]. Ein automatisierter Werkzeugrüstbereich verspricht eine schnellere Verfügbarkeit neuer Werkzeuge, wodurch auch in der Fertigung die Fertigungsaufträge schneller und öfters gewechselt werden können. Dies bedeutet, daß aufgrund der schnelleren Verfügbarkeit und des geringeren personellen Aufwands noch kleinere Fertigungslosgrößen wirtschaftlich bearbeitet werden können. In diesem Zusammenhang muß allerdings auch der Werkstückrüstbereich mit betrachtet werden, in dem in ähnlicher Form wie im Werkzeugrüstbereich bei häufigeren Auftragswechseln ein Mehraufwand anfällt. Der oben angeführte Nutzen erreicht nur dann sein Maximum, wenn beide Bereiche gleichermaßen automatisiert sind.

Spannkeil Klemmblock		Spannpratze		Spannhebel Knebelhebel		Senkverschraubung		Klemmung durch elastische Verformung	
Spannkeil verschraubt meist radial zur WZ-achse, ungelochte WSP	Durchdrücker ersetzt Schraube, (ungelochte WSP)	für ungelochte WSP "C-Spannung" nach ISO (Pratzen mit versch. Formen)	für gelochte WSP "M-Spannung" nach ISO	Spannung über Schraube die auf Hebel wirkt (muss zum Einsetzen der Platte herausgenommen werden)	Spannung über Schraube die auf Hebel wirkt (Hebelsystem verbleibt im WZ "P-Spannung" nach ISO)	"S-Spannung" nach ISO		elastische Verformung erzeugt Spannkraft	elastische Verformung mit zusätzlichen verschraubten Hebel
Sandvik	Sandvik (Auto)	Krupp-Widia Feldschle Helital	Kannametal Feldschle Helital	Helital (Fi-Paket)	Helital Walter	Komet Walter Planase Helital Kannametal		Sandvik	
		C-Spannung	M-Spannung		P-Spannung	S-Spannung			
Fräsmesser, Scheibenhäuser (siehe Schneidplatten über dem Umfang)		Drehmeißel, Fräser Vorwiegend bei WZ die genügend großen Spannkraftreserven haben, für negative WSP		Drehmeißel, Fräser Bei WZ mit hoher Belastung und genügend großen Einbauraum, für negative WSP		Fräser, Bohrer, Drehmeißel Besonders wenn ungelochter Spannkraftfluss wichtig und wenn Anzahl der WSP über Umfang noch gute Zugfestigkeit zur Schraube zulassen		Einlochdrehmeißel, Scheibenhäuser Durch die Schrittkraft wird WSP in die WZ hinein gedrückt	

Abb. 2: Übersicht zu unterschiedlichen Wendeschneidplatten und deren Befestigungssysteme

Ein weiterer wichtiger Punkt für das automatisierte Werkzeugrüten ist die genaue Berechenbarkeit des Verfügbarkeitstermins neuer Werkzeuge. Dies ist insofern von großer Bedeutung, als daß heute zwar in der Maschinenebene Abläufe und Termine sehr exakt geplant werden können, diese Planungen aber bedeutungslos werden, wenn in den der Fertigung vorgelagerten Bereichen die Termine nicht exakt geplant und eingehalten werden können. Die Folge sind Stillstände von Maschinen und die damit verbundenen hohen Kosten. Nur ein in ausreichender Güte geplanter und gesteuerter Werkzeugfluß kann einen störungsarmen Fertigungsfluß gewährleisten. Wie Untersuchungen in Betrieben der Einzel- und Kleinserienfertigung zeigten, ist die Betriebsmittelorganisation meist nicht von geplantem Vorgehen bestimmt, sondern wird eher situationsbedingt durchgeführt. [4].

Aufgrund des automatischen Montageablaufs sind in Verbindung mit Überwachungssystemen Fehlmontagen der Werkzeuge ausgeschlossen. Die rechnergestützte Informationsgewinnung und Informationsübertragung gewährleistet die Verfügbarkeit korrekter Werkzeugdaten. Somit gelangen in die Fertigung nur fehlerfrei montierte Werkzeuge mit fehlerfreien Werkzeugdaten.

**5 Ziele und Aufgaben**

Um eine umfassende und nutzbringende Automatisierung des Werkzeugrüstbereiches zu ermöglichen, müssen zunächst eine Reihe von Vorbedingungen erfüllt werden. Eine der ersten und wichtigsten Maßnahmen ist die Reduzierung der Variantenvielfalt. Dabei sind jedoch nicht nur die Werkzeuge und Werkzeugsysteme zu berücksichtigen, sondern gerade auch die Zusatzelemente wie Wendeschneidplatten und deren Befestigungssysteme. In der Drehbearbeitung konnte dies durch die Wahl geeigneter Geometrien und Schneidplattenwerkstoffe bereits erreicht werden [5]. Die Umsetzung dieser Maßnahme betrifft sowohl den Fertigungsbetrieb als auch den Werkzeughersteller.

Sie setzt einerseits eine eingehende Analyse des aktuellen Werkzeugbestands hinsichtlich aller Varianten voraus und bedingt andererseits eine Analyse im Hinblick darauf, welche Bearbeitungen mit welchen Werkzeugen und Werkzeugelementen durchgeführt werden können. Die heutige hohe Variantenvielfalt – insbesondere im Umfeld der Wendeschneidplatten – führt zu großen Problemen bei der Handhabung, Lagerung, Bereitstellung und Logistik. Das Ziel dieser Untersuchungen muß die Einengung der Variantenvielfalt insgesamt sein.

Die Gestaltung einheitlicher und möglichst einfacher mechanischer Schnittstellen für die Handhabung der Werkzeuge und ihrer Elemente ist eine weitere wichtige Voraussetzung für das automatisierte Werkzeugrüten. Hier müssen neben den Werkzeugelementen auch die Wendeschneidplatten und deren Befestigungssysteme betrachtet werden.

Bei modularen Werkzeugsystemen können die prinzipiellen Spannmechanismen Radiales Spannen und Axiales Spannen unterschieden werden. Die Tatsache, daß die unterschiedlichsten Werkzeugsysteme nach einem der beiden Prinzipien arbeiten, hat für die Handhabung der Werkzeuggrundelemente große Vorteile. Da das jeweilige Greifergrundprinzip für verschiedene Werkzeugsysteme identisch ist, ist die Gestaltung einer über die Werkzeugsysteme hinweg gleichartigen Handhabungsschnittstelle wesentlich einfacher und vor allem ohne Eingriffe in das spezifische Spannsystem möglich.

Die Definition einer Handhabungsschnittstelle beinhaltet geometrische Angaben zur Lage der Spannschraube und deren Krafteinleitungselemente sowie Angaben zu den Formelementen, die ein sicheres Greifen und Orientieren der Werkzeugelemente in allen Phasen der Handhabung gewährleisten.

Wichtig ist, daß die nach außen hin zum Handhabungswerkzeug wirksame Schnittstelle bis zum letzten Element eines Werkzeugsystems beibehalten wird und daß damit auch die in einzelnen Elementen integrierten Zusatzfunktionen mit derselben Schnittstelle bedient werden können. Dies kann auch

Umkonstruktionen einzelner Werkzeug-elemente, wie z.B. Spannzangenaufnahmen, erforderlich machen. Dem Nachteil des höheren Aufwands und der höheren Kosten für diese Werkzeugelemente steht der Vorteil gegenüber, daß für alle Elemente nur noch ein Handhabungswerkzeug benötigt wird.

Wesentlich größere Schwierigkeiten ergeben sich bei der Handhabung und Montage bzw. Demontage der Wendeschneidplatten aufgrund deren vielfältigen Formen, Größen, Befestigungssysteme und eingeschränkter Zugangsmöglichkeiten im Werkzeug (Abb. 2). Für die Automatisierung ist eine hohe Prozeßsicherheit wichtig. Diese wiederum erfordert gute und gegenüber äußeren Krafteinflüssen sichere und unempfindliche Greifmöglichkeiten sowie wenige gleichzeitig handzubehabende Teile.

Wendeschneidplatten, die über eine Zentralspannschraube befestigt werden, haben den Vorteil weniger Elemente. Sie haben dagegen den Nachteil, daß insbesondere bei kleinen Platten wenig Greifflächen für ein sicheres Handhaben vorhanden sind. Demgegenüber bieten Platten ohne Zentralbohrung bessere Greifflächen. Diese haben aber den großen Nachteil, daß sie meist über mehrteilig aufgebaute Spannsysteme geklemmt werden. Erste, noch nicht abgeschlossene Arbeiten zur Bewertung und Optimierung der Schneidplattenbefestigung im Hinblick auf deren einfache und sichere Handhabung zeigen, daß Zentralspannsysteme relativ gut automatisiert werden können. Allerdings sollten für ein Optimum an Prozeßsicherheit die Plattenaufnahmen und Plattenbefestigungen neu gestaltet werden.

Die dargestellten Ziele und Maßnahmen führen zu einer Verkleinerung der Anzahl notwendiger Handhabungswerkzeuge. Die Verwendung einheitlicher Handhabungsschnittstellen führt darüberhinaus zu einer Reduzierung der Werkzeugkomplexität, so daß insgesamt eine geringere Anzahl einfacherer, billigerer und betriebsicherer Handhabungswerkzeuge für die Montage notwendig sind.

Die Gesamtautomatisierung des Werkzeugrüstbereichs setzt eine neue Anordnung der Teilbereiche voraus. Dabei ist es das Ziel, auf möglichst kleinem Raum mit nur wenigen Handhabungsgeräten einen geforderten Werkzeugdurchsatz zu gewährleisten, wobei zu berücksichtigen ist, daß der zu bewältigende Durchsatz aufgrund der durchzuführenden Demontagen doppelt so hoch ist wie die Zahl der neu zur Verfügung zu stellenden Werkzeuge.

Innerhalb des Werkzeugrüstbereichs lassen sich die beiden Werkzeugkreisläufe Großer Kreislauf und Kleiner Kreislauf unterscheiden (Abb. 3). Im Kleinen Kreislauf werden ausschließlich verschlissene Wendeschneidplatten ersetzt, und das Werkzeug wird anschlie-

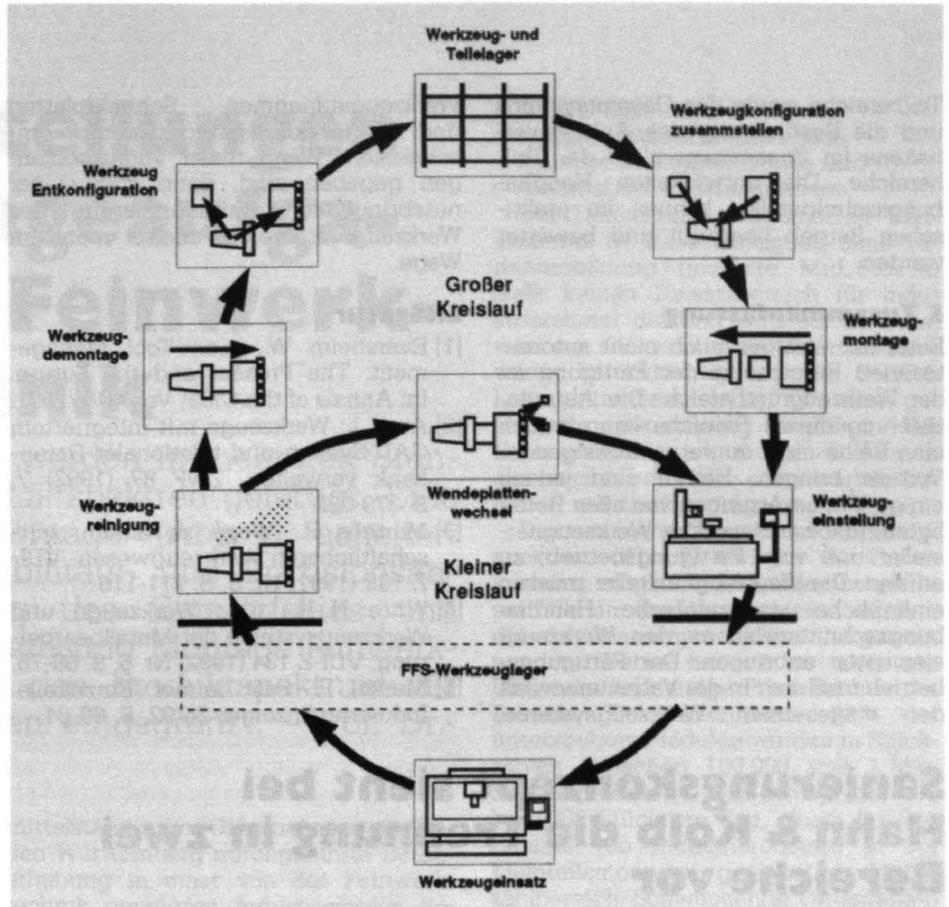


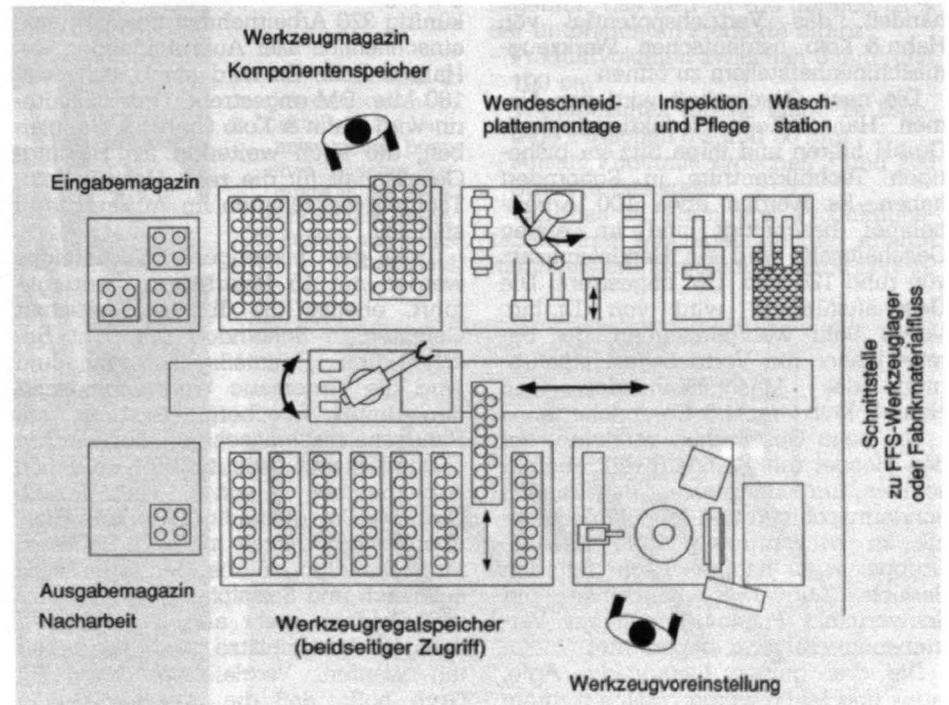
Abb. 3: Die beiden wichtigsten Werkzeugkreisläufe und ihre Stationen

ßend wieder der Fertigung zugeführt. Im Großen Kreislauf werden die eingehenden Werkzeuge vollständig demontiert und im Lager abgelegt. Das Werkzeugflußschema zeigt deutlich die starke Frequentierung einzelner Stationen. Mit Hilfe von Computersimulationen sollen unter Verwendung realer Daten

für verschiedene Durchsatzzahlen die jeweils günstigsten Anlagenschemas ermittelt und Anforderungen an einzelne Anlagenkomponenten abgeleitet werden.

Mit der dargestellten Pilotanlage (Abb. 4) für das Rüsten eines begrenzten, aber repräsentativen Spektrums von Fräs Werkzeugen sollen erste Erfahrungen und Grundkennwerte zum Einsatz automatisierter Werkzeugrüstbereiche gewonnen werden. Dazu zählen insbesondere die Bestimmung der Zuverlässigkeit bzw. Verfügbarkeit einzelner

Abb. 4: Pilotanlage zur flexiblen Montage von Zerspanungswerkzeugen (Bildnachweis: IfW)



Teilbereiche sowie des Gesamtsystems und die Bestimmung des Anlagenverhaltens im Zusammenwirken der Teilbereiche. Die entwickelten Handhabungsschnittstellen können im praktischen Betrieb überprüft und bewertet werden.

## 5 Zusammenfassung

Einer der wenigen noch nicht automatisierten Bereiche in der Fertigung ist der Werkzeugrüstbereich. Die Automatisierung dieses Bereichs kann jedoch eine Reihe nicht zu vernachlässigender Vorteile bringen. Hierfür sind jedoch einige Voraussetzungen von allen Beteiligten, insbesondere vom Werkzeughersteller und vom Fertigungsbetrieb, zu erfüllen. Die Werkzeughersteller müssen einheitliche und einfache Handhabungsschnittstellen an den Werkzeugelementen anbringen. Der Fertigungsbetrieb muß sich in der Variantenvielfalt der eingesetzten Werkzeugsysteme,

Werkzeugaufnahmen, Schneidplatten und Plattenbefestigungssysteme einschränken. Wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, dann steht einer nutzbringenden Automatisierung des Werkzeugrüstbereichs nichts mehr im Wege.

## Literatur

- [1] Eversheim W., u.a.: Tool Management: The Present and the Future. In: Annals of the CIRP, Vol. 40/2/1991.
- [2] Auer J.: Werkzeuge mit integriertem CAD-System und relationaler Datenbank verwalten. ZwF 87 (1992) 7, S. 379-382.
- [3] Martens R.: Wege zu einem wirtschaftlicheren Werkzeugwesen. VDI-Z 133 (1991) Nr. 5, S. 111-116.
- [4] Witte H.-H., u.a.: Werkzeuge und Werkzeugsysteme der Metallbearbeitung, VDI-Z 134 (1992) Nr. 6, S. 68-75.
- [5] Merkel P.: Fast immer Einzelteile. Industrie-Anzeiger 25/92, S. 60-64.